



ESCOLA SUPERIOR DE
TECNOLOGIA DA SAÚDE
DE LISBOA

INSTITUTO POLITÉCNICO DE LISBOA



XVII Seminário Temático em Fisiologia Clínica

1 de fevereiro de 2024

Sleep Loop



SEMINÁRIO
Temático

Estudantes: Carolina Silveira, Sofia Sousa

Orientador: Prof.^a Joana Belo



Trabalho realizado em
âmbito académico não
contendo conflitos de
interesses

Índice

1
...

Introdução

2
...

Sleep Loop

Fase Sono Lento Profundo

Estimulação Auditiva

Funcionalidade

Mecanismos

3
...

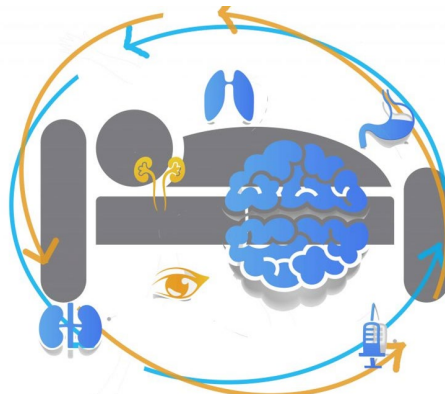
Considerações Finais

01 Introdução

Sono

Processo dinâmico, homeostaticamente regulado e constitui um dos requerimentos físicos para a sobrevivência humana^{1,2}.

- Processos cognitivos e emocionais^{1,2}.
- Regulador de funções vitais^{1,2}.
- Aprendizagem e memória^{1,2}.



Um sono não reparador:

- Risco aumentado de mortalidade²;
- Doenças cardiovasculares²;
- Diabetes²;
- Obesidade²;
- Doenças psiquiátricas².

1. Mukherjee S, Patel SR, Kales SN, et al. An official American Thoracic Society statement: The importance of healthy sleep: Recommendations and future priorities. Am J Respir Crit Care Med. 2015;

2. Ramar K, Malhotra RK, Carden KA, Martin JL, et al. Sleep is essential to health: An American Academy of Sleep Medicine position statement. Journal of Clinical Sleep Medicine. 2021

Sleep Loop® é uma tecnologia portátil que tem como objetivo melhorar e aprofundar o sono em indivíduos adultos e idosos, através de estimulação cerebral auditiva³.





02

Sleep Loop®



ETH zürich 

Sleep Loop: Em que consiste?



- 8 canais^{4,5};
- Amplificador de bio-sinal e analógico-digital^{4,5};
- Sistema em microchip^{4,5};
- Cartão microSD^{4,5};
- Bateria^{4,5}



Fonte: Why healthy sleep is important. SleepLoop – Healthy sleeping made in Switzerland [Internet], 2024

4. Ferster ML, Da Poian G, Menachery K, et al. Benchmarking Real-Time Algorithms for In-Phase Auditory Stimulation of Low Amplitude Slow Waves With Wearable EEG Devices During Sleep. IEEE Trans Biomed Eng. 2022;.

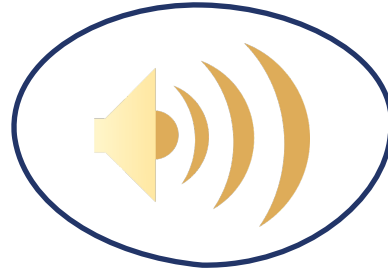
5. Ferster ML, Lustenberger C, Karlen W. Configurable Mobile System for Autonomous High-Quality Sleep Monitoring and Closed-Loop Acoustic Stimulation. IEEE Sens Lett. 2019

Sleep Loop: Objetivo

Fase N3



Fase *Up-State* das
oscilações lentas⁴



Formação e
intensificação de
ondas lentas⁴



Melhor qualidade
de sono⁴

Sono lento profundo (N3)



Ondas lentas^{2,6}

Oscilações lentas^{2,6}



refletem a sincronização global
da atividade neuronal alternando
entre fases^{2,6-8}:



Silêncio neuronal
(*down states*)^{2,6-8}

Períodos de atividade
sináptica aumentada
(*up states*)^{2,6-8}



Processamento de informação durante o sono^{2,6-8}.

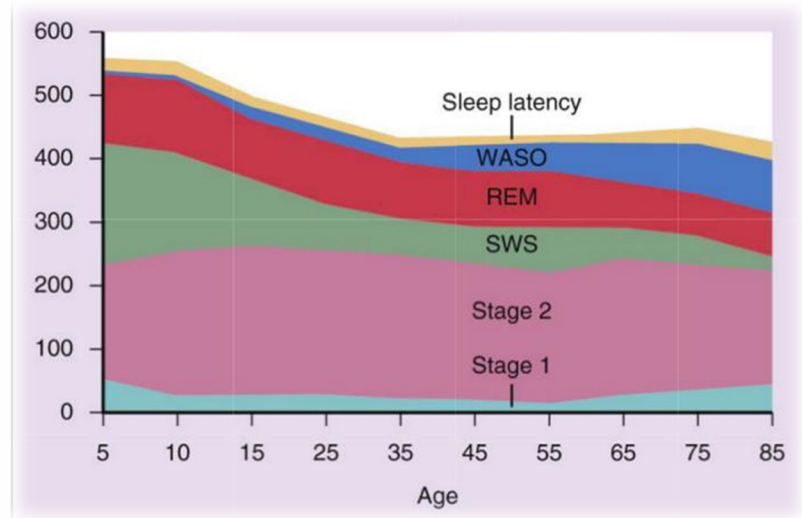
2. Ramar K, Malhotra RK, Carden KA, Martin JL, et al. Sleep is essential to health: An American Academy of Sleep Medicine position statement. Journal of Clinical Sleep Medicine. 2021

6. Friese C, Yang J MVK and MM. Phase-Locked Loop for Precisely Timed Acoustic Stimulation during Sleep Giovanni. Physiol Behav. 201

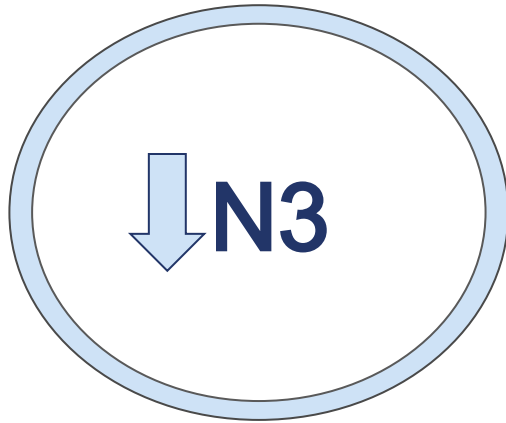
8. Auditory Closed-Loop Stimulation of the Sleep Slow Oscillation Enhances Memory. Elsevier. 2013

Sono lento profundo (N3)

Diminui com a idade^{6,8}



Fonte: Kryger MH, Roth T, Dement WC. Principles and practice of sleep medicine



- Altera a função metabólica⁶;
- Regulação de funções cardiometabólicas⁶;
- Produção e regulação de hormonas⁶;
- Libertação de toxinas do cérebro⁶.



Melhorar o sono lento profundo^{6,9}.



Implicações benéficas para a saúde tanto cognitiva como física^{6,9}.

6. Friese C, Yang J MVK and MM. Phase-Locked Loop for Precisely Timed Acoustic Stimulation during Sleep Giovanni. *Physiol Behav.* 2019

9 Salfi F, D'Atri A, Tempesta D, De Gennaro L, Ferrara M. Boosting slow oscillations during sleep to improve memory function in elderly people: A review of the literature. *Brain Sci.* 2020;



Estimulação Auditiva

Abordagem não invasiva que permite modular a atividade cerebral durante a noite⁶.

Estimulação com *pink noise* promove a sincronização das ondas cerebrais durante o sono lento profundo^{8,10}.

6. Friese C, Yang J MVK and MM. Phase-Locked Loop for Precisely Timed Acoustic Stimulation during Sleep Giovanni. *Physiol Behav.* 2019

8. Auditory Closed-Loop Stimulation of the Sleep Slow Oscillation Enhances Memory. Elsevier. 2013

10. Piorecky M, Koudelka V, Piorecka V, Strobl J, Koprivova J. Real-Time Excitation of Slow Oscillations during Deep Sleep Using Acoustic Stimulation. 2021

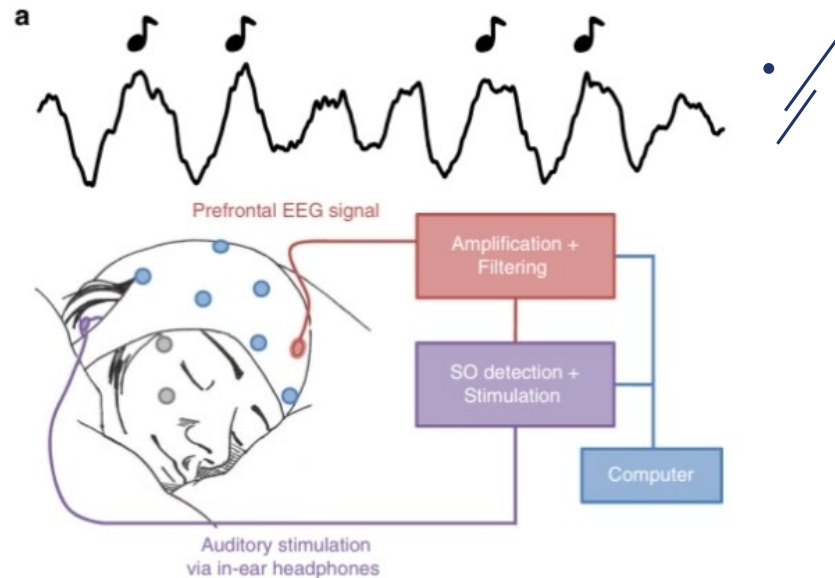


Estimulação Auditiva



Timing da estimulação⁸⁻¹⁰

Fase *up-state* das oscilações lentas⁸⁻¹⁰

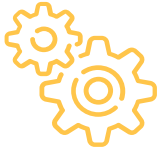


Fonte: Auditory closed-loop stimulation of EEG slow oscillations strengthens sleep and signs of its immune-supportive function. 2017

8. Auditory Closed-Loop Stimulation of the Sleep Slow Oscillation Enhances Memory. Elsevier. 2013

9. Salfi F, D'Atri A, Tempesta D, De Gennaro L, Ferrara M. Boosting slow oscillations during sleep to improve memory function in elderly people: A review of the literature. Brain Sci. 2020;

10. Piorecky M, Koudelka V, Piorecka V, Strobl J, Koprivova J. Real-Time Excitation of Slow Oscillations during Deep Sleep Using Acoustic Stimulation. 2021



Algoritmos

Amplitude threshold (AT)

Transmite uma estimulação assim que um sinal de eletroencefalograma ultrapassa o limite de amplitude $50 \mu\text{V}^{11,12}$.

Phase-locked loop (PLL)

- Detetor de fase
- Oscilador controlado



Corresponde à frequência e fase do sinal empírico^{11,12}.

Phase vocoder (PV)

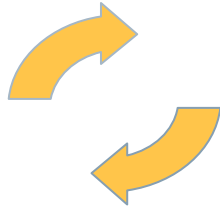
- Detecta e estimula ondas com menor amplitude¹¹.
- Adapta-se de forma mais eficaz à fisiologia individual do sono de cada pessoa¹¹.

11. Ferster ML, Da Poian G, Menachery K, et al. Benchmarking Real-Time Algorithms for In-Phase Auditory Stimulation of Low Amplitude Slow Waves With Wearable EEG Devices During Sleep. IEEE Trans Biomed Eng. 2022;.

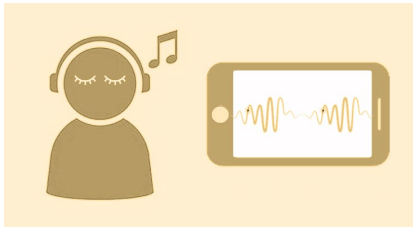
12. Ferster ML, Lustenberger C, Karlen W. Configurable Mobile System for Autonomous High-Quality Sleep Monitoring and Closed-Loop Acoustic Stimulation. IEEE Sens Lett. 2019

Sleep Loop: Estimulação

Eletroencefalograma¹¹



Estimulação auditiva¹¹



Traçado analisado continuamente¹¹

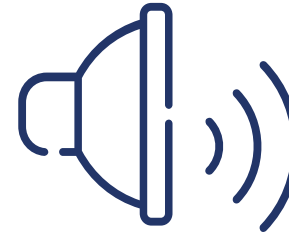


Atividade dividida com base na potência espectral¹¹

Deteção de ondas lentas (0,5-4 Hz)¹¹



4s em 4s¹¹



0,5s⁹

Deteção de frequências superiores¹¹



Estudo caso-controlo.

Adultos saudáveis.

Idades: 62-78

Resultados analisados: quantidade de atividade lenta, arquitetura do sono e funções diárias.






ARTICLE



<https://doi.org/10.1038/s43856-022-00096-6>

OPEN

Auditory deep sleep stimulation in older adults at home: a randomized crossover trial

Caroline Lustenberger ^{1,2,3}✉, M. Laura Ferster⁴, Stephanie Huwiler ¹, Luzius Brogli^{4,5}, Esther Werth ^{2,3,6}, Reto Huber ^{2,3,7,8} & Walter Karlen ^{3,4,5}

Sleep Loop: Possíveis Aplicações



Fonte: Why healthy sleep is important. SleepLoop – Healthy sleeping made in switzerland [Internet], 2024

- Insónias⁶
- Depressão²
- Epilepsia¹⁴
- Prevenção de Alzheimer¹⁵

2. Ramar K, Malhotra RK, Carden KA, Martin JL, et al. Sleep is essential to health: An American Academy of Sleep Medicine position statement. *Journal of Clinical Sleep Medicine*. 2021

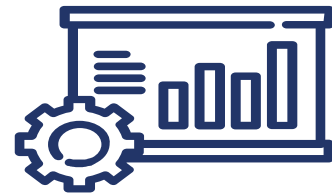
6. Friese C, Yang J MVK and MM. Phase-Locked Loop for Precisely Timed Acoustic Stimulation during Sleep Giovanni. *Physiol Behav*. 2019

14. Fattinger S, Heinzle BB, Ramantani G, Abela L, et al. Closes-Loop Acoustic stimulation During Sleep in Children With Epilepsy: *Frontier in Human Neuroscience*. 2019

15. Zhang Y, Ren R, Yang L, Zhang H, Shi, et al Sleep in Alzheimer's disease: a systematic review and meta-analysis of polysomnographic findings. *Transl Psychiatry*. 2022



Atualmente, a empresa Tosoo AG está a trabalhar no desenvolvimento do dispositivo, preparando-o para o mercado clínico¹⁶.



Considerações Finais

...é uma inovação tecnológica pertinente, que responde à necessidade de melhorar a qualidade do sono

...apresenta resultados promissores, o que torna a sua utilização uma mais valia

...não vem substituir o correto diagnóstico, tratamento e *follow-up* de indivíduos com distúrbios do sono ou outras patologias cujas funções do sono podem desempenhar um papel crucial, quando consolidado



**Obrigada pela
vossa atenção**

